






Assembled multi-layer shafts

Patent number: DE19606732
Publication date: 1996-09-05
Inventor: SWARS HELMUT (DE)
Applicant: EMISHAFT CO (JP)
Classification:
 - international: **B21D53/84; F01L1/047; F16H53/02; B21D53/00; F01L1/04; F16H53/00; (IPC1-7): F16C3/02; B21D26/02; B21D53/84; B23P11/02; F01L1/047; F16B4/00**
 - european: **B21D53/84A; F01L1/047; F16H53/02B**
Application number: DE19961006732 19960223
Priority number(s): DE19961006732 19960223; DE19951006732 19950227

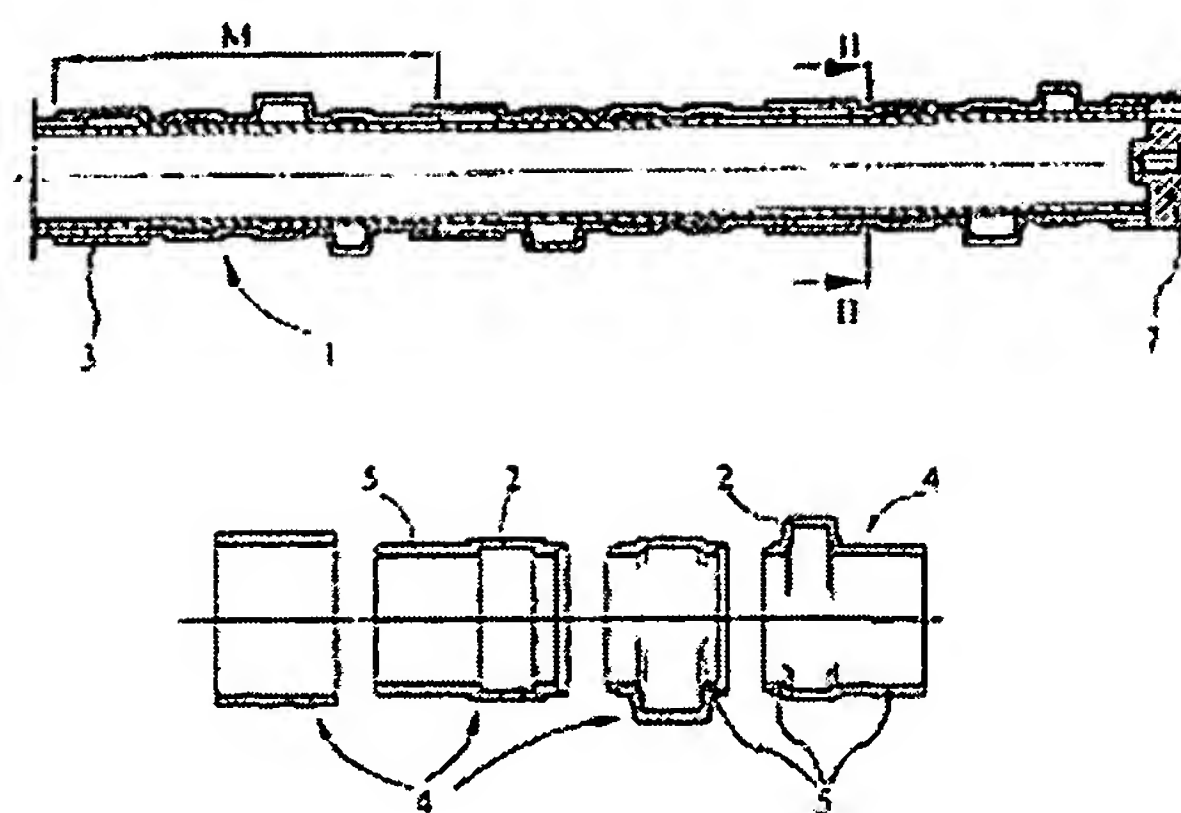
Also published as:

 WO9627077 (A1)
 EP0812379 (A1)
 US5979386 (A1)
 EP0812379 (B1)
 CA2213748 (C)

Report a data error here

Abstract of DE19606732

A hollow shaft (1) with external functional elements is assembled by radial expansion in given areas in the axial direction. The inner shaft tube (3) in the sections to be expanded is thus plastically deformed, and the external parts in the sections to be expanded are only deformed resiliently. The functional elements are disposed at least partially on multiple functional elements, the sections to be expanded lying between the functional elements. The invention further concerns a process for producing hollow shafts constructed in this way and a process for producing multiple functional elements, in particular multiple cams. These multiple functional elements are used to produce assembled hollow shafts. The individual functional elements are produced from tubes with profiles corresponding to the functional elements, and are joined to form multiple cams. In the axial direction the non-circular functional elements comprise annular projections which are concentric to the base circle and whose internal diameter is slightly larger than the outer diameter of the shaft tube.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 06 732 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 196 06 732.4
㉔ Anmeldetag: 23. 2. 96
㉕ Offenlegungstag: 5. 9. 96

⑤① Int. Cl.⁶:
F 16 C 3/02
F 16 B 4/00
B 21 D 26/02
B 21 D 53/84
B 23 P 11/02
F 01 L 1/047

DE 196 06 732 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①
27.02.95 DE 195067320

⑦① Anmelder:
Emishaft Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:
Bonnekamp, H., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing.,
Pat.-Anw., 40476 Düsseldorf

⑦② Erfinder:
Swars, Helmut, 51429 Bergisch Gladbach, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Gefügte Mehrlagenwellen

⑤⑦ Eine hohle Welle mit außenliegenden Funktionselementen wird durch radiales, in Axialrichtung abschnittsweises Aufweiten gefügt. Dabei wird das Innenwellenrohr in den Aufweitabschnitten plastisch verformt und die außenliegenden Teile in den Aufweitabschnitten nur elastisch verformt. Die Funktionselemente sind zumindest teilweise auf Mehrfachfunktionselementen angeordnet, wobei die Aufweitabschnitte zwischen den Funktionselementen liegen. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung von solchen aufgebauten hohlen Wellen sowie ein Verfahren zur Herstellung von Mehrfachfunktionselementen, insbesondere von Mehrfachnocken. Diese Mehrfachfunktionselemente werden für die Herstellung von aufgebauten hohlen Wellen eingesetzt. Die einzelnen Funktionselemente werden aus Rohren mit Profilen hergestellt, die den Funktionselementen entsprechen, und zu Mehrfachnocken zusammengesetzt. Dabei weisen die nicht-runden Funktionselemente in axialer Richtung ringförmige Ansätze auf, die zum Grundkreis konzentrisch sind, und deren Innendurchmesser geringfügig größer ist als der Außendurchmesser des Wellenrohrs.

DE 196 06 732 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft aufgebaute hohle Wellen mit außenliegenden Funktionselementen, gefügt durch in Achsrichtung abschnittsweises radiales Aufweiten, wobei das Innenwellenrohr in den Aufweitabschnitten plastisch verformt und die außenliegenden Teile in den Aufweitabschnitten nur elastisch verformt sind, sowie Verfahren zur Herstellung solcher Wellen und von Mehrfachfunktionselementen zum Einsatz für die Herstellung von aufgebauten hohlen Wellen.

Auf dem Gebiet von Antriebs- und Steuerellen in Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere bei Nockenwellen, stellt sich mit dem Vordringen der Mehrventiltechnik immer mehr das Problem, Wellen mit vielen eng nebeneinanderliegenden Elementen wie Nocken und sonstigen Funktionsteilen sowie Gleitlagern und Axialanschlüssen zu bauen. Dies bereitet mit konventioneller Technik zunehmend Schwierigkeiten. Insbesondere bei Wellen mit größeren Durchmessern kommt das Problem des in quadratischer Funktion ansteigenden Gewichts hinzu.

Interessante Ansätze zur Lösung dieses Komplexes gibt es insbesondere auf dem Gebiet aufgebauter hohler Nockenwellen. Dabei lassen sich die Probleme des Nockenabstandes bei sinkendem Gewicht lösen, jedoch ergeben sich gleichzeitig Schwierigkeiten mit sinkender Torsionssteifigkeit. Außerdem wird die Zahl der auf der Welle aufzubringenden und exakt zu positionierenden Funktionselemente dabei sehr groß. Besonders bei LKW-Wellen, insbesondere für Dieselmotoren, kommt zu diesem Problem hinzu, daß die Wandstärke der Hohlwellen wegen der erforderlichen Torsionssteifigkeit, auch im Hinblick auf den einlagigen Aufbau zwischen den Funktionselementen, relativ dick gehalten werden muß, so daß sich der Vorteil der Gewichtsreduzierung nicht in gewünschtem Maße realisieren läßt. Besonders bei langen Wellen ist die Vorbereitungszeit vor dem Fügen, beispielsweise durch das langsame Einfahren der Hochdrucksonden in die Hohlwelle, sehr langwierig und reduziert die Produktivität teurer Investitionsmittel.

Eine Reduzierung zumindest einiger der vorgenannten Probleme beim Herstellen aufgebauter hohler Wellen läßt sich durch den Einsatz von Mehrfachfunktionselementen, z. B. Mehrfachnocken erzielen. Vorschläge hierzu sind bekannt, beispielsweise die Herstellung von Mehrfachnocken aus Rohrprofilen durch Twisten oder durch die Herstellung von Mehrfachnocken aus Blechzuschnitten, die entsprechend profiliert und zu einem Ringkörper umgeformt und geschweißt werden.

Bei dem erstgenannten Vorschlag besteht jedoch das Problem, daß es auf einheitliche Nockenprofile begrenzt ist und keine große Steifigkeit der Nocken gegen Außendruck, z. B. Stößelpressung vorliegt. Bei beiden Vorschlägen besteht eine sehr starke Einschränkung bzgl. der Spreizung bzw. unterschiedlicher Winkelteilung der Nockenspitzen über den Umfang, was beim zweitgenannten Vorschlag nur durch eine sehr aufwendige Verfahrensvariante überbrückt werden kann.

Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, neuartige Konstruktionen für aufgebaute hohle Wellen mit außenliegenden Funktionselementen, die die vorgenannten Probleme vermeiden und die vorteilhaft und wenig aufwendig in der Herstellung sind, sowie Verfahren vorzuschlagen, mit denen solche Wellen und Mehrfachfunktionselemente mit hoher Produktivität, größter Exaktheit und wenig aufwendig hergestellt werden können.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß aufgebaute hohle Wellen mit außenliegenden Funktionselementen durch in Axialrichtung abschnittsweises radiales Aufweiten gefügt werden, wobei das Innenwellenrohr in den Aufweitabschnitten plastisch verformt und die außenliegenden Teile in den Aufweitabschnitten nur elastisch verformt sind, wobei die Funktionselemente zumindest teilweise auf Mehrfachfunktionselementen angeordnet sind und die Aufweitabschnitte zwischen den Funktionselementen liegen sowie durch ein Verfahren zur Herstellung solcher Wellen, bei dem das abschnittsweise Aufweiten durch hydraulischen Innenhochdruck erfolgt und die Hydraulikflüssigkeit durch eine Sonde in die Hohlwelle geführt wird, wobei der Sondenaußendurchmesser nur geringfügig kleiner ist als der Welleninnendurchmesser und die Sonde gegen die Hohlwelle an den beiden axialen Enden der Aufweitabschnitte durch Dichtelemente abgedichtet wird und die Sonden, die einen lösbaren Hochdruck-Schnellanschluß aufweisen, vor dem Anschluß an den Hochdruckerzeuger in die Welle eingeführt und placiert werden sowie ein Verfahren zur Herstellung von Mehrfachfunktionselementen, bei dem die einzelnen Funktionselemente aus Rohren mit den Funktionselementen entsprechendem Profil hergestellt und zu Mehrfachnocken zusammengesetzt werden, wobei die nichttrunden Funktionselemente in axialer Richtung zum Grundkreis konzentrische ringförmige Ansätze aufweisen, deren Innendurchmesser geringfügig größer ist als der Außendurchmesser des Wellenrohrs, und die an ihren Seitenkanten einen ringförmigen Bereich etwa halber Wandstärke derart aufweisen, daß er sich mit dem des benachbarten nichttrunden Funktionselements zur vollen Wandstärke ergänzt, und wobei die ringförmigen Ansätze durch Rückformung des Profilrohres hergestellt werden.

Durch die Verwendung von erfindungsgemäßen Mehrfachnocken lassen sich eine ganze Reihe von Vorteilen realisieren. Bei in der nachfolgenden Figur A dargestellten Beispielen, die Einlaßnocken, Auslaßnocken, Dieseleinspritznocken und ein Gleitlager modularartig zusammenfassen, läßt sich die Stückzahl der Einzelteile z. B. für eine Sechszylinder-Dieselmachine gegenüber dem Fügen von Einzelfunktionsteilen nach dem Stand der Technik von 26 auf 9 Teile reduzieren. Die Beispiele werden so gewählt, daß übliche Funktionen von modernen LKW-Motoren berücksichtigt werden. Die erfindungsgemäße Technologie ermöglicht es in optimaler Weise, Konzepte mit einer Vielzahl von Nocken pro Zylinder zu realisieren, z. B. zur Berücksichtigung einspritztechnologischer Merkmale oder der Ventilabschaltung und Schließwinkel-Spreizung.

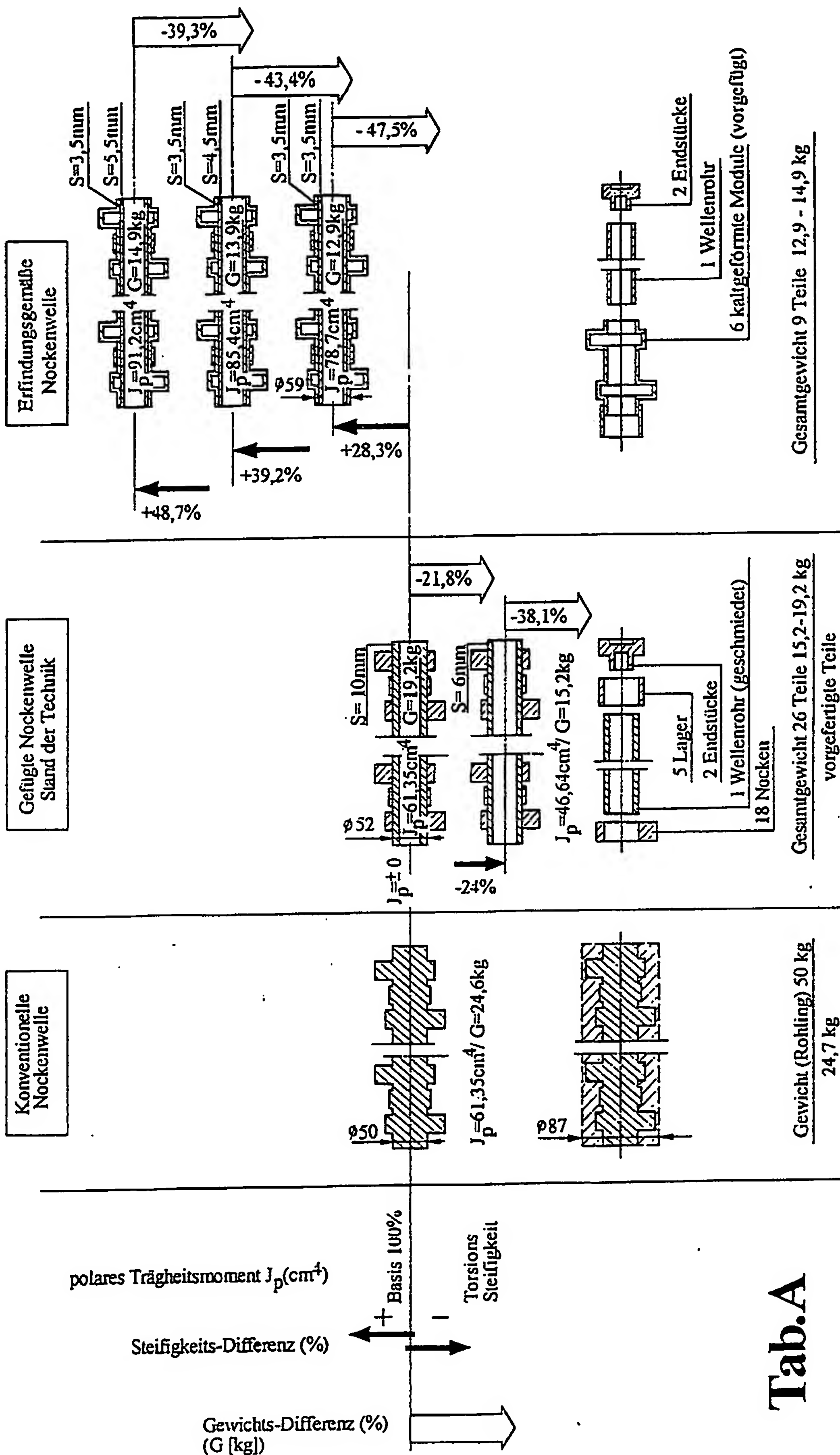
Diese Gegenüberstellung, die einen Vergleich von Nockenwellen gleicher Abmessung und Funktion aufzeigt, die konventionell, nach herkömmlicher Fügetechnik und der erfindungsgemäßen Fügetechnik hergestellt sind, zeigt die Unterschiede der verschiedenen Ausführungsformen in Bezug auf Gewicht und Torsionssteifigkeit, die als polares Trägheitsmoment J_p in der Dimension cm^4 angegeben ist. Die Vorteile der erfindungsgemäßen

Wellen sind sehr stark dadurch bedingt, daß das Gewicht nur linear mit dem Rohrdurchmesser ansteigt, während sich die Torsionssteifigkeit in vierfacher Potenz mit dem Durchmesser erhöht und außerdem durch den mehrlagigen Aufbau an den Fügestellen positiv beeinflusst wird.

LKW - Nockenwelle

z. B. 6 Zylinder mit Ventil- u. Einspritznocken

(Gewicht u. Steifigkeit)



Tab.A

Die Erfindung wird anhand beigefügter Zeichnung näher beschrieben, in der Ausführungsbeispiele dargestellt sind. Anhand dieser Beschreibung lassen sich die Vorteile verdeutlichen, die u. a. auch durch die in den Unteransprüchen beanspruchten Ausgangsformen ermöglicht werden. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 eine Längs-Schnittansicht eines Ausschnittes einer erfindungsgemäßen Welle;

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1;

Fig. 3 ein Mehrfachnockenmodul, das durch Feinguß nach dem Wachsausschmelzverfahren hergestellt wurde;

Fig. 4 ein Mehrfachnockenmodul, das aus Einzelteilen zusammengesetzt ist;

Fig. 5 das Mehrfachnockenmodul gemäß Fig. 4, dessen Einzelteile auseinandergerückt sind;

Fig. 6 das Mehrfachnockenmodul gemäß Fig. 4 mit einer schematischen Darstellung der Vorrichtung zum Zusammenpressen des Moduls;

Fig. 7 eine Schnittansicht durch Vorrichtung mit Modul gemäß Fig. 6;

Fig. 8a und b Beispiele für Profilrohre zur Herstellung von Einzelnocken;

Fig. 9 eine schematische Schnittansicht des Werkzeugs (Gesenk) zum Rückformen der ringförmigen Ansätze aus einem Profilrohr;

Fig. 10 die schematische Seitenansicht einer Anordnung gemäß IX-IX

Fig. 9 um 90° aus versetztem Blickwinkel;

Fig. 11 eine schematische Darstellung der Funktionen eines Mehrfach-Bearbeitungsautomaten zur mechanischen Bearbeitung von Profilrohrstangen zur Herstellung von Einzelnocken und

Fig. 12 die gesonderte Darstellung der Abtrennung von Einzelnocken aus den Profilrohrstangen.

In Fig. 1 ist ein Teil eine Nockenwelle 1 für eine Diesel-LKW-Maschine dargestellt, bei der die Funktionselemente Gleitlager 6, Auslaßnocken, Einspritznocken und Einlaßnocken 2 zu einem Modul M zusammengefaßt sind, das als Mehrfachnocken hergestellt und als Ganzes auf das Wellenrohr 3 aufgefugt werden soll. Außerdem zeigt die Darstellung am rechten Ende der Welle eine Wellenabschlußkappe 7 oder ein Endstück. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Einlaßnocken höher und schmaler als der Auslaßnocken, während der Einspritznocken die typische Form mit einer sehr langgezogenen flachen und einer sehr kurzen steilen Flanke aufweist, wie gut auch im Zusammenhang mit Fig. 2 zu erkennen ist. In Fig. 2 ist auch dargestellt, daß auf dem Wellenrohr 3 beispielsweise in 60°-Teilung axial verlaufende Nuten 18 vorgesehen werden können, in die entsprechend geformte Stege oder Spitzen auf der Mehrfachnockeninnenoberfläche passen. Durch dieses Hilfsmittel läßt sich eine sehr exakte Orientierung der Mehrfachnockenposition auf dem Wellenrohr 3 ermöglichen. Innerhalb des Mehrfachnockenmoduls M können die Nockenteilungen ohnehin exakt aufeinander ausgerichtet und vorgegeben werden. Durch diese Maßnahme läßt sich das Vormontieren der aufgebauten Welle 1 sehr präzise und schnell durchführen.

Fig. 3 zeigt ein Mehrfachnocken-Modul M, das einstückig, beispielsweise nach dem Wachs-Ausschmelzverfahren, aus Lagerstahl hergestellt ist. Mit diesem Herstellverfahren lassen sich sehr hohe Genauigkeiten von beispielsweise < 1/10 mm erzielen. Anhand dieser Darstellung läßt sich auch gut erkennen, daß die Fügeflächen, das sind die Innenoberflächenabschnitte mit jeweils kleinstem Durchmesser, für das gesamte Modul sehr großzügig bemessen lassen. Damit müssen die den Funktionselementen zugeordneten Oberflächenanteile nicht als Fügestellen beansprucht werden, so daß die Funktionselemente über den kleinsten Innendurchmesser hinaus "hohl" ausgebildet werden können. Trotzdem bietet die insgesamt zur Verfügung stehende Fügefläche ein bei weitem ausreichendes Reibmoment, so daß bei dem gewählten Fügeverfahren ein sicherer Kraftschluß gewährleistet ist.

In Fig. 4 ist ein Mehrfachnocken-Modul dargestellt, das dieselben Abmessungen wie das Modul gemäß Fig. 3 hat, jedoch aus Einzelteilen 4 zusammengesetzt ist. Fig. 5 zeigt die Einzelteile 4 dieses Moduls M in auseinandergerückter Form. Hierbei ist deutlich zu erkennen, daß die ringförmigen Ansätze 5, die sich in axialer Richtung in Fortsetzung der eigentlichen Funktionselementen erstrecken, immer dann in ihrem äußeren Ende einen stufenförmig abgesetzten ringförmigen Steg mit etwa halber Wandstärke aufweisen, wenn diese mit einem anderen nichtrunden Funktionsteil benachbart sind. Die stufenförmigen Stege oder Absätze benachbarter "unrunder" Funktionsteile ergänzen sich zu voller Wandstärke und sind gemeinsam Bestandteil der Fügeabschnitte. In diesen Überlappungsbereichen sowie im Überlappungsbereich des Lagerringabschnittes 6 mit dem nichtgestuften Ansatz des benachbarten Funktionselementes ergeben sich dreilagige oder beispielsweise bei Einsatz von mehr als einer Wellenrohrlage auch mehr als dreilagige Materialkonstellationen in der gefügten Welle, was ihre Torsionssteifigkeit deutlich erhöht.

In Fig. 6 und 7 ist dargestellt, wie die Einzelteile 4 gemäß Fig. 5 zu einem Mehrfachnockenmodul M gemäß Fig. 4 zusammengepreßt werden und wie eine entsprechende Montagevorrichtung a, b schematisch aufgebaut ist. Die Einzelteile 4 werden vororientiert in ein einteiliges Untergesenk b eingelegt. Darauf senkt sich das zweiteilige Obergesenk a ab und richtet die Funktionsprofile ganz exakt aus. Daraufhin fährt das geteilte Obergesenk a aufeinander zu und schiebt die Einzelteile 4 derart ineinander, bis sie sich gegenseitig bzw. an Anschlägen im Untergesenk b axial ausrichten. Die Anschlüsse der Einzelteile 4 können so exakt vorgearbeitet sein, daß sich dabei ein Preßsitz aufbaut, der das Modul ohne weitere Maßnahmen handlingsicher macht. Es können jedoch alternativ Vorrichtungen zur Fixierung der Einzelteile 4 zueinander, beispielsweise eine Punktschweißeinrichtung vorgesehen werden.

In den Fig. 8a und 8b sind Beispiele für Profilrohre dargestellt, aus denen die Einzelnocken hergestellt werden. Diese Profile können ganz exakt den Funktionselementprofilen entsprechen oder an den erforderlichen Stellen ein Bearbeitungsaufmaß aufweisen. In den Fig. 9 und 10 ist schematisch dargestellt, wie aus solchen Profilrohrstangen die Einzelkonturen mit zwischen den Funktionselementen liegenden ringförmigen Ansätzen 5 rückgeformt werden. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist dies eine Presse, mit der die ringförmigen Ansätze 5 gegen ein innerhalb des Profilrohrs angeordnetes Innenwerkzeug 11 durch Pressen rückgeformt werden. Das dargestellte Beispiel zeigt in den ausgezogenen bzw. gestrichelten Linien ein Beispiel, bei dem der Nockengrund-

kreis mit dem unteren Teil des ringförmigen Ansatzes 5 fluchtet. In diesem Fall muß das Innenwerkzeug mindestens zweigeteilt sein, wie durch entsprechende Schraffur angedeutet, damit nach erfolgter Rückformung zunächst der untere Teil des Innenwerkzeugs 11 herausgezogen werden kann. Zur Erleichterung des Montierens und Demontierens können vorteilhaft Einführschrägen vorgesehen werden. Danach fällt der obere Teil des Innenwerkzeugs nach unten und kann ebenfalls aus dem Rohr herausgezogen werden. Für den Fall, daß der Nockengrundkreis radial über den ringförmigen Ansatz 5 übersteht, muß das Innenwerkzeug 11 dreigeteilt werden, wie durch die strichpunktierte Linie angedeutet, damit zunächst der mittlere Teil des Innenwerkzeugs, dann der obere und danach der untere aus dem Rohr herausgezogen werden können.

In Fig. 11 ist schematisch dargestellt, wie aus den umgeformten Profilrohrstangen 11 die Einzelfunktionsteile 4 nach entsprechender Fertigbearbeitung abgetrennt werden können. Ein solcher Stangenautomat beinhaltet Werkzeuge bzw. Vorrichtung für beispielsweise fünf Arbeitsgänge. Einmal sind Innen- 12 und Außendrehmeißel 13 vorgesehen, die die Innen- und Außenkonturen, wie sie am besten in Fig. 5 zu erkennen sind, ganz exakt herstellen können. Der Automat verfügt über ein zweigeteiltes, unabhängig voneinander axial bewegbares Spannfutter 15, 16, mit dem sowohl das Einspannen 15 als auch das Transportieren 16 in Axialrichtung erfolgen kann. Nach fertiger Innen- und Außenbearbeitung erfolgt das Trennen der Einzelteile durch einen Stechmeißel 14. In Fig. 12 ist das Trennwerkzeug, im dargestellten Fall ein Stechmeißel, und die Schnittbreite für das Abtrennen im Detail dargestellt.

In den Fig. 3, 4, 5, 6 und 12 ist deutlich zu erkennen, daß die Seitenflächen der Nocken leicht konisch ausgebildet sind, was vorteilhaft die Herstellung der Mehrfachnocken erleichtert. Das Rückformen der Profilrohrstangen, wie in den Fig. 9 und 10 dargestellt, kann in Pressen erfolgen, in denen eine Vielzahl von mehreren Metern langen Profilrohrstangen nebeneinander in entsprechende Formen eingelegt sind, wodurch sich mit einem einzigen Pressenhub eine sehr große Anzahl von Nocken gleichzeitig herstellen läßt. Als Material für die Profilrohrstangen eignen sich besonders kalt gezogene Profilrohre in Zylinderrohrqualität, bei denen Toleranzen von deutlich weniger als 1/10 mm eingehalten werden können.

Bisher wurden Beispiele für die Herstellung der Einzelnocken 4 durch Rückformen entsprechend profilierter Rohrstangen beschrieben und in der Zeichnung dargestellt. Im Ausführungsbeispiel dargestellt ist das Rückformen durch Pressen. Das Rückformen läßt sich aber auch mit anderen Umformverfahren wie Hämmern, Schmieden oder Walzen darstellen. Ebenfalls ist es möglich, die Einzelfunktionsprofile durch Innenausformung eines Rundrohrs herzustellen.

Die im dargestellten Ausführungsbeispiel gewählte Modulteilung sieht die Zusammenfassung der Funktionselemente für einen Zylinder als Teilungsmaß vor. Es ist genauso denkbar, daß das Modul aus komplementären Teil-Funktionsbereichen zweier benachbarter Zylinder zusammengefaßt wird, wenn dies aus der Verteilung der Funktionsprofile über den Umfang sinnvoll erscheint.

Die einzelnen Funktionselemente können aus den jeweils geeigneten Materialien hergestellt werden. Dabei ist es zweckmäßig, die Aufgabenteilung für Herstellung, Bearbeitung und Einstellung der Lauf- bzw. Beanspruchungsprofile zu optimieren, da nicht immer alle Eigenschaften mit einem Material ohne Nachbehandlung erzielt werden können. Wählt man z. B. einen Kugellagerstahl wie 100 Cr6, ist dieser für hohe Hertzsche Pressung geeignet, jedoch schwieriger in der Bearbeitung. Wählt man leichter zu bearbeitende Stähle, ist es zweckmäßig, sie nach ihrer Eignung zur Randschichthärtung auszusuchen. Es ist auch denkbar, leicht verformbare Einsatzstähle auszuwählen, die nach der Formgebung aufgekühlt werden. Daß für die einzelnen Funktionselemente jeweils ihrem Beanspruchungsprofil entsprechende, für die verschiedenen Funktionselemente durchaus unterschiedliche Materialien gewählt werden, liegt auf der Hand. Wichtig ist es darauf zu achten, daß in den Fügebereichen, das sind im wesentlichen die ringförmigen Ansätze 5 neben den Funktionselementen, zum Aufweiten ein vergütetes Gefüge vorliegt.

Das in Fig. 8a dargestellte Profil ist typisch für einen Diesel-Einspritznocken, während das in Fig. 8b dargestellte Profil typisch für Ein- oder Auslaßnocken ist. Für die Herstellung der gefügten Nockenwellen ist es beim Aufweiten im Hinblick auf die Geradheit der fertigen Welle zweckmäßig, die Wellen an den Lagerstellen in Prismen einzuspannen, wie sie auf dem Markt verfügbar sind.

Patentansprüche

1. Aufgebaute hohle Welle mit außenliegenden Funktionselementen, gefügt durch in Axialrichtung (3) abschnittsweises radiales Aufweiten, wobei das Innenwellenrohr in den Aufweitabschnitten plastisch verformt und die außenliegenden Teile in den Aufweitabschnitten nur elastisch verformt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Funktionselemente zumindest teilweise auf Mehrfachfunktionselementen (M) angeordnet sind und die Aufweitabschnitte zwischen den Funktionselementen liegen.
2. Welle gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrfachfunktionselemente auf dem Innendurchmesser Stege mit einem Profil aufweisen, das dem von axial verlaufenden Nuten (18) auf der äußeren Wellenoberfläche entspricht.
3. Welle gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Welle eine Nockenwelle und die Mehrfachfunktionselemente Mehrfachnocken (M) sind, die vorzugsweise Nockenelemente (2), Lagerelemente (6) und Antriebselemente aufweisen.
4. Welle gemäß Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrfachnocken (M) aus mehreren Einzelteilen (4) bestehen, die in axialer Richtung zusammengesetzt sind, wobei nichtrunde Einzelteile (2) in axialer Richtung konzentrisch zum Grundkreis ringförmige Ansätze (5) aufweisen, deren Innendurchmesser geringfügig größer ist als der Außendurchmesser des Wellenrohrs (3) und die an ihren Seiten, die nicht runden Einzelteilen benachbart sind, einen ringförmigen Steg etwa halber Wandstärke derart aufweisen, daß er sich mit dem des benachbarten nicht runden Einzelteils zu voller Wandstärke ergänzt, und runde Einzelteile

einen Innendurchmesser haben, der genau auf den Außendurchmesser der ringförmigen Ansätze (5) paßt.

5. Welle gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ringförmigen Ansätze (5) die Aufweitabschnitte darstellen und in den Aufweitabschnitten teilweise drei Materiallagen radial übereinanderliegen.

6. Verfahren zur Herstellung von aufgebauten hohlen Wellen gemäß Anspruch 1, wobei das abschnittsweise Aufweiten durch hydraulischen Innenhochdruck erfolgt und die Hydraulikflüssigkeit durch eine Sonde in die Hohlwelle geführt wird, wobei der Sondenaußendurchmesser nur geringfügig kleiner ist als der Welleninnendurchmesser und die Sonde gegen die Hohlwelle an den beiden axialen Enden der Aufweitabschnitte durch Dichtelemente abgedichtet wird und die Sonden, die einen lösbaren Hochdruck-Schnellanschluß aufweisen, vor dem Anschluß an den Hochdruckerzeuger in die Welle eingeführt und plziert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere fertig zusammengesetzte und mit Sonden bestückte Wellen gleichzeitig an den Hochdruckerzeuger angeschlossen und durch Aufweiten gefügt werden.

8. Verfahren zur Herstellung von Mehrfachfunktionselementen, insbesondere von Mehrfachnocken, zum Einsatz für die Herstellung von aufgebauten hohlen Wellen mit außenliegenden Funktionselementen, insbesondere Nockenwellen, bei dem die einzelnen Funktionselemente aus Rohren mit den Funktionselementen entsprechendem Profil hergestellt und zu Mehrfachnocken zusammengesetzt werden, wobei die nichttrunden Funktionselemente in axialer Richtung zum Grundkreis konzentrische, ringförmige Ansätze aufweisen, deren Innendurchmesser geringfügig größer ist als der Außendurchmesser des Wellenrohrs, und die an ihren Seitenkanten einen ringförmigen Bereich etwa halber Wandstärke derart aufweisen, daß er sich mit dem des benachbarten nichttrunden Funktionselements zur vollen Wandstärke ergänzt, und wobei die ringförmigen Ansätze durch Rückformung des Profilrohres hergestellt werden.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

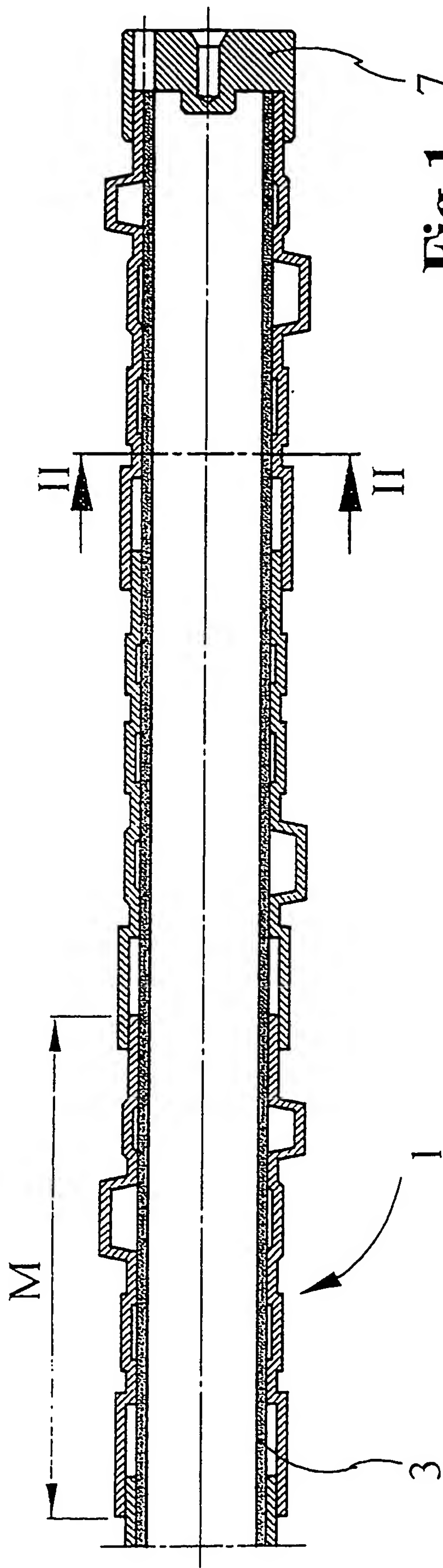


Fig. 1

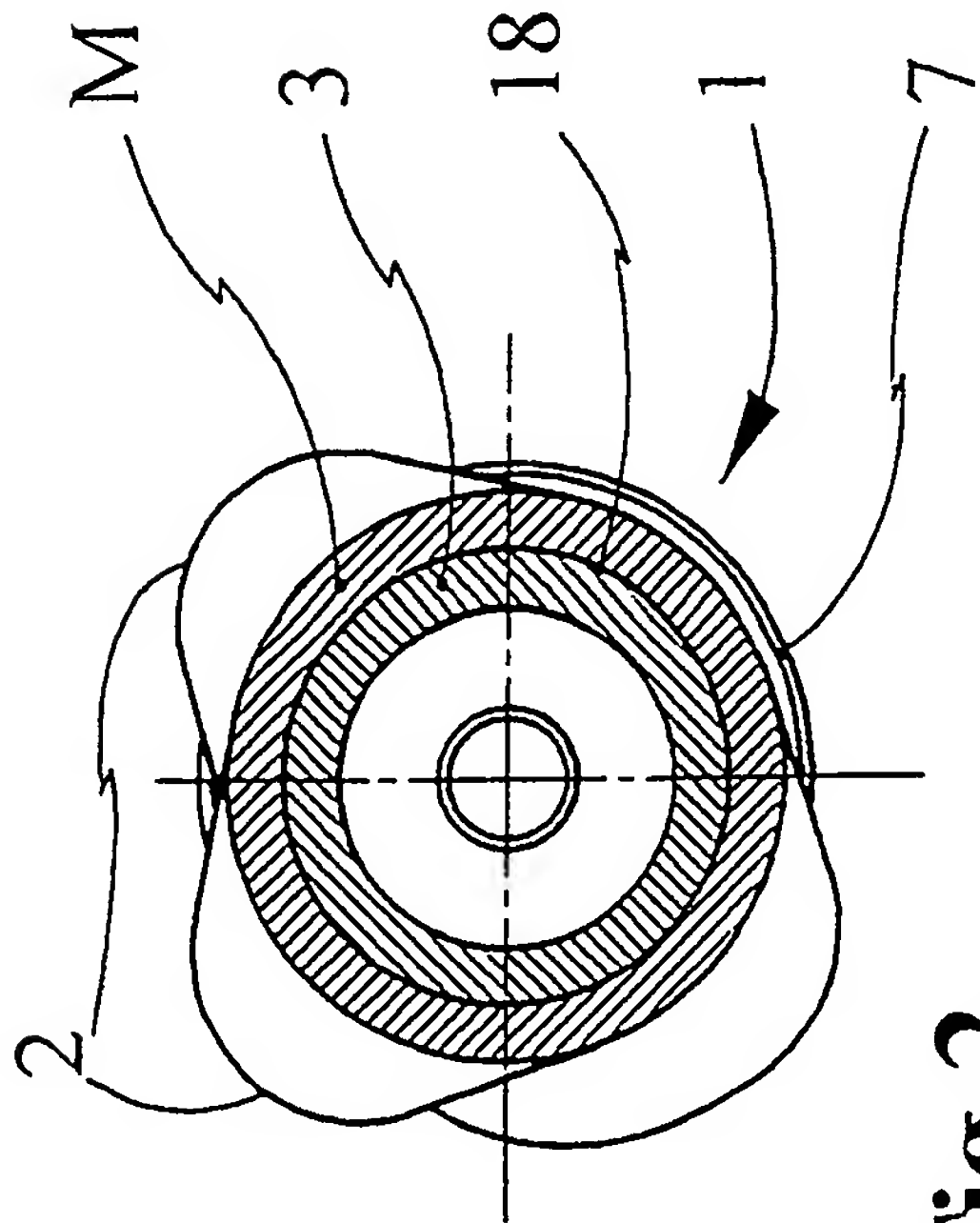


Fig. 2

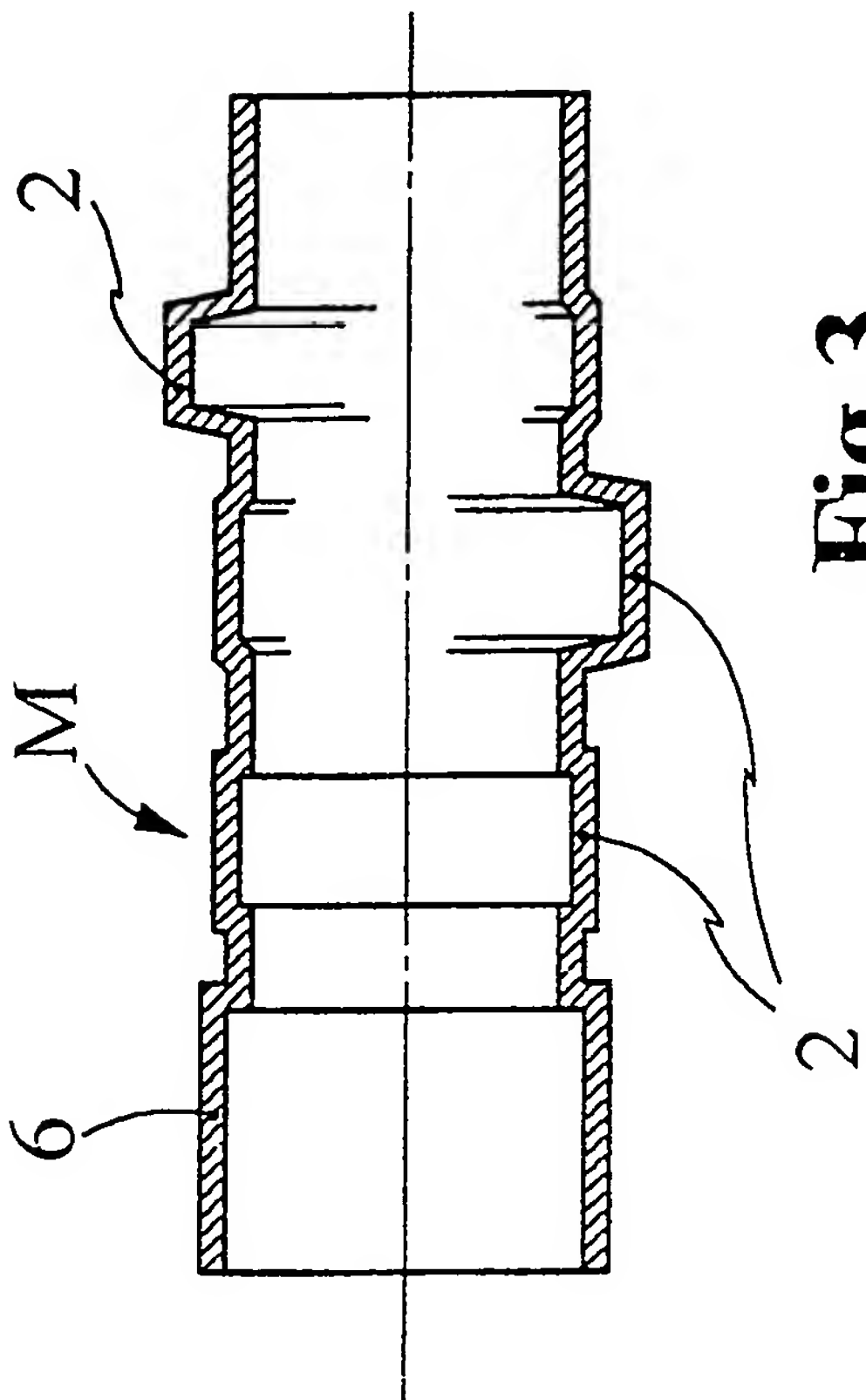


Fig. 3

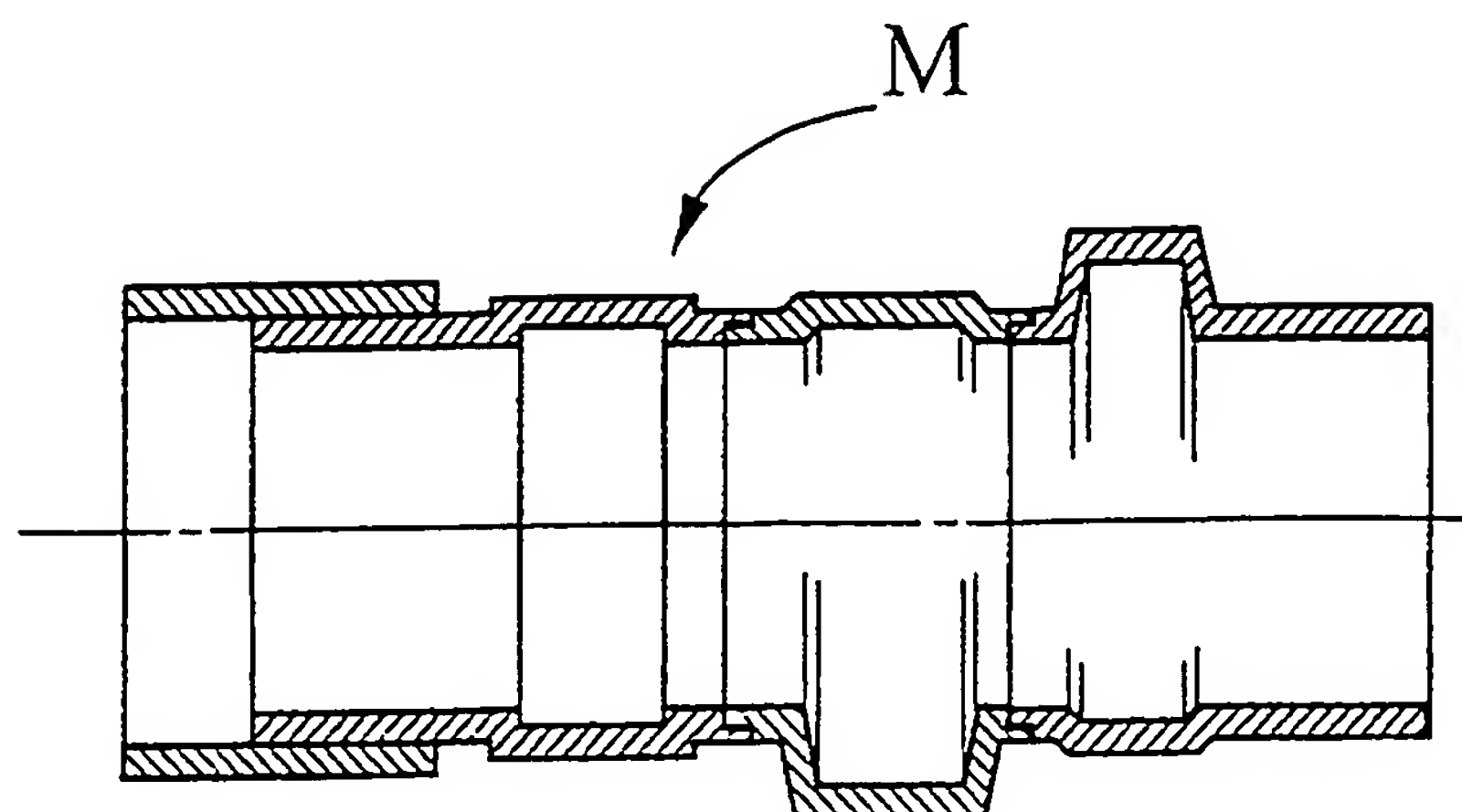


Fig. 4

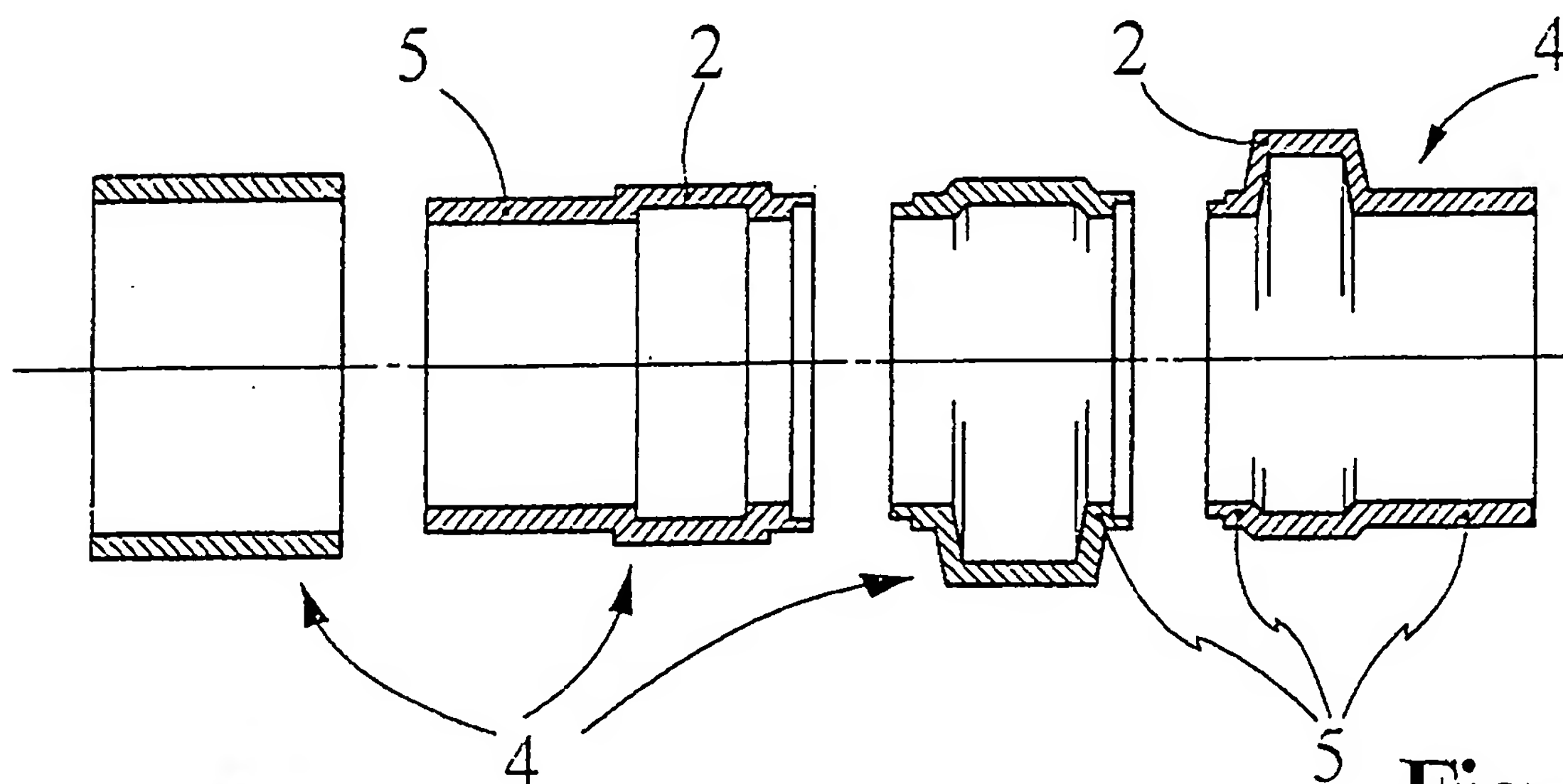


Fig. 5

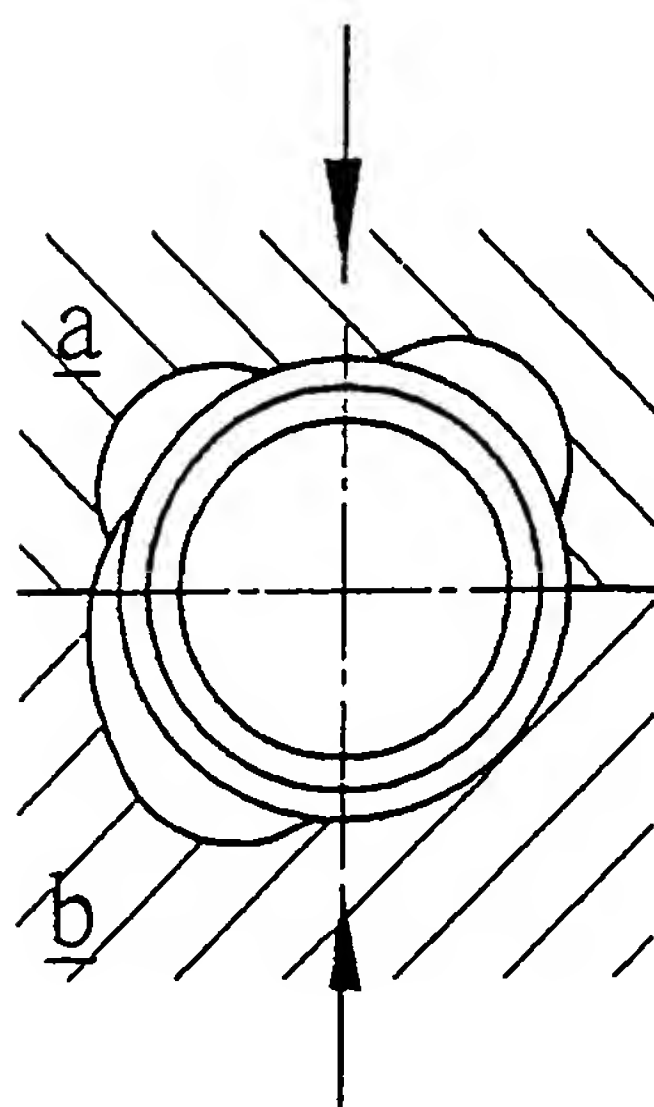


Fig. 7

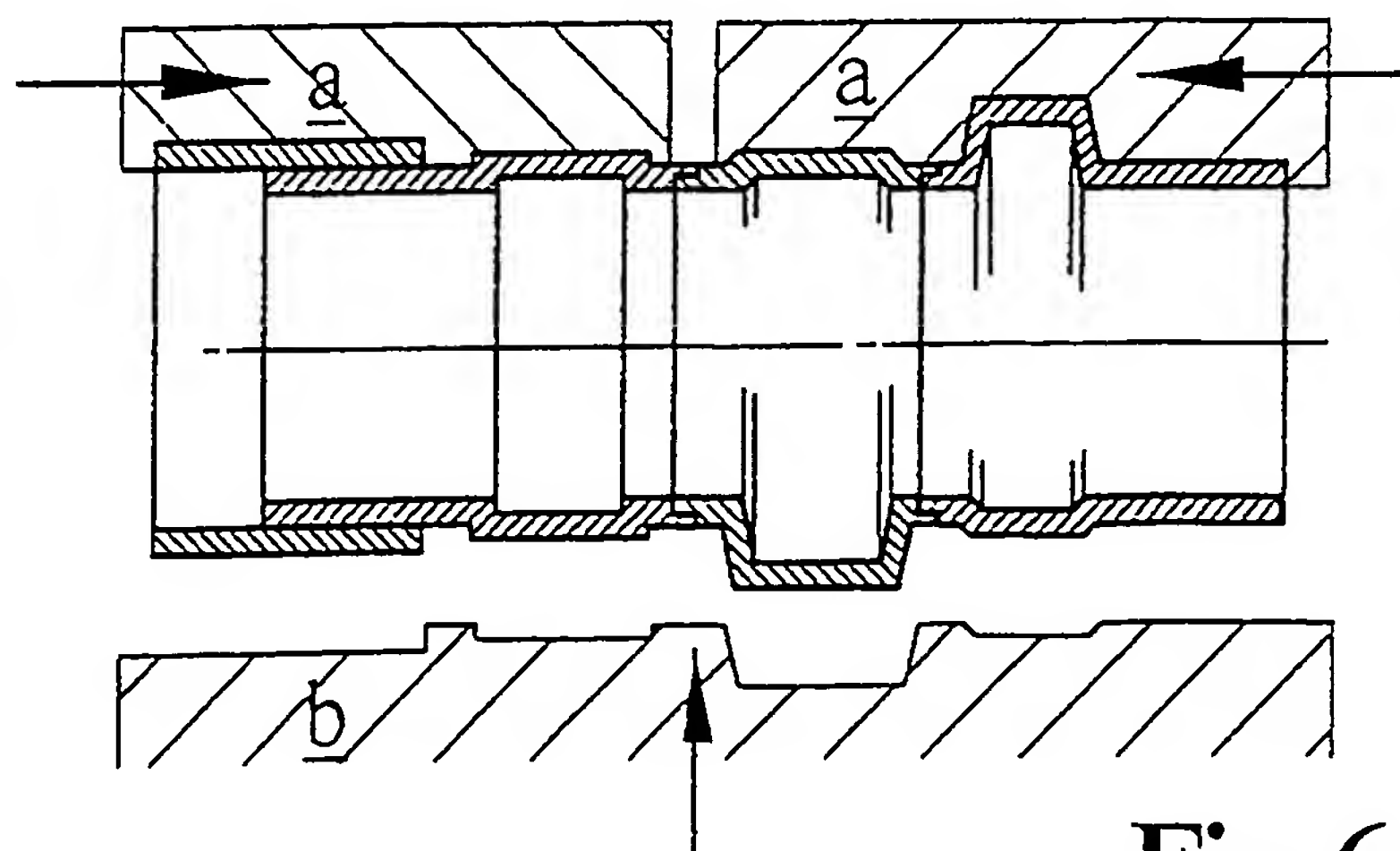


Fig. 6

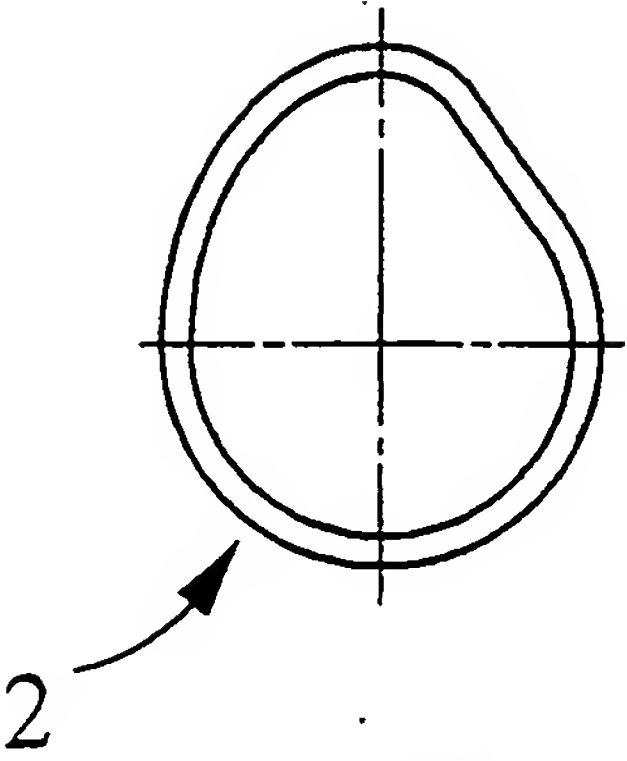


Fig.8a

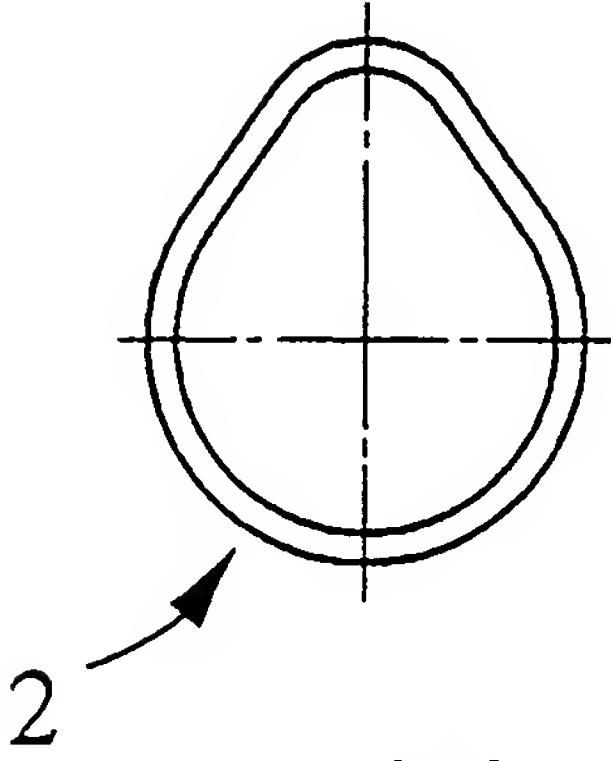


Fig.8b

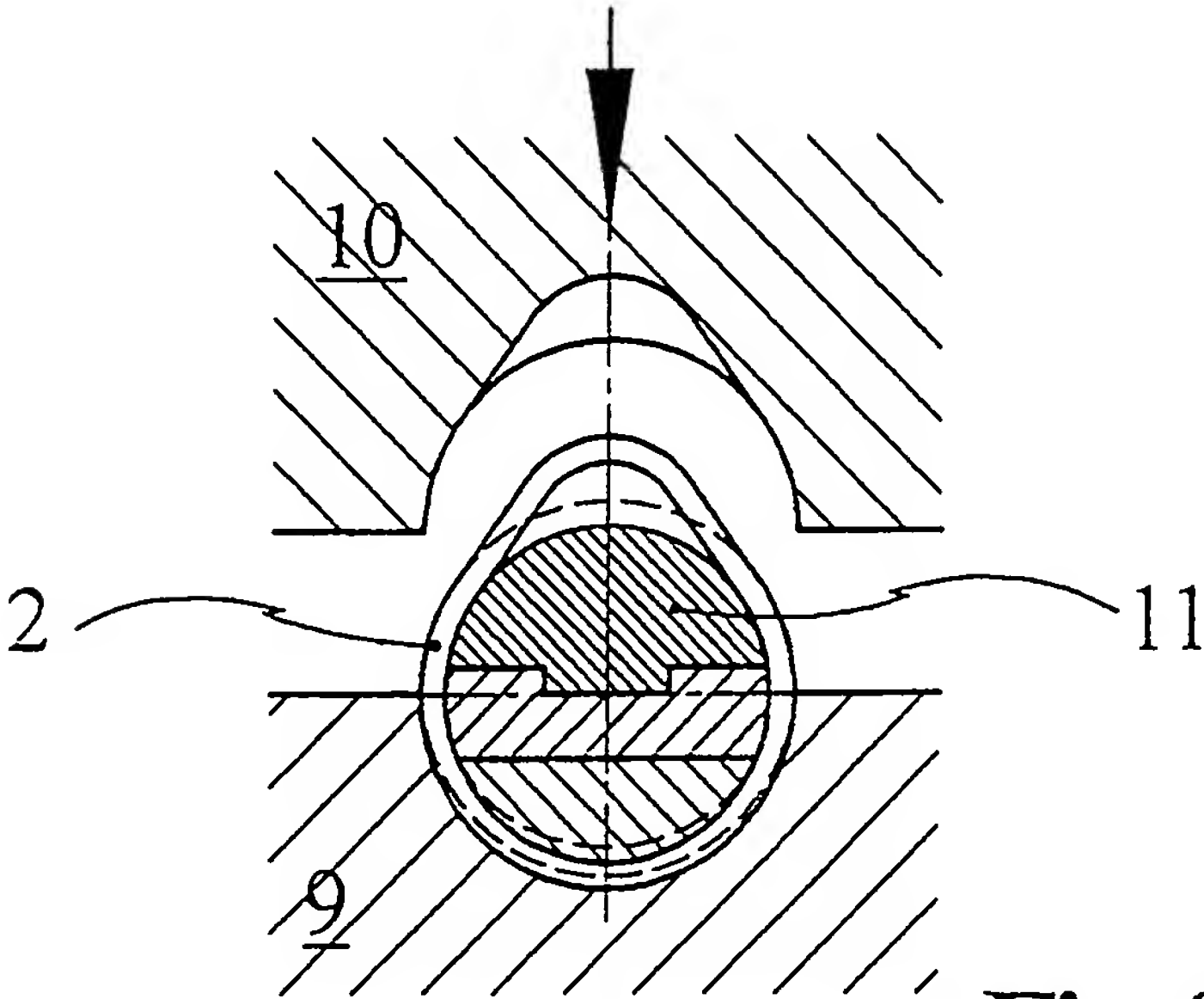


Fig.9

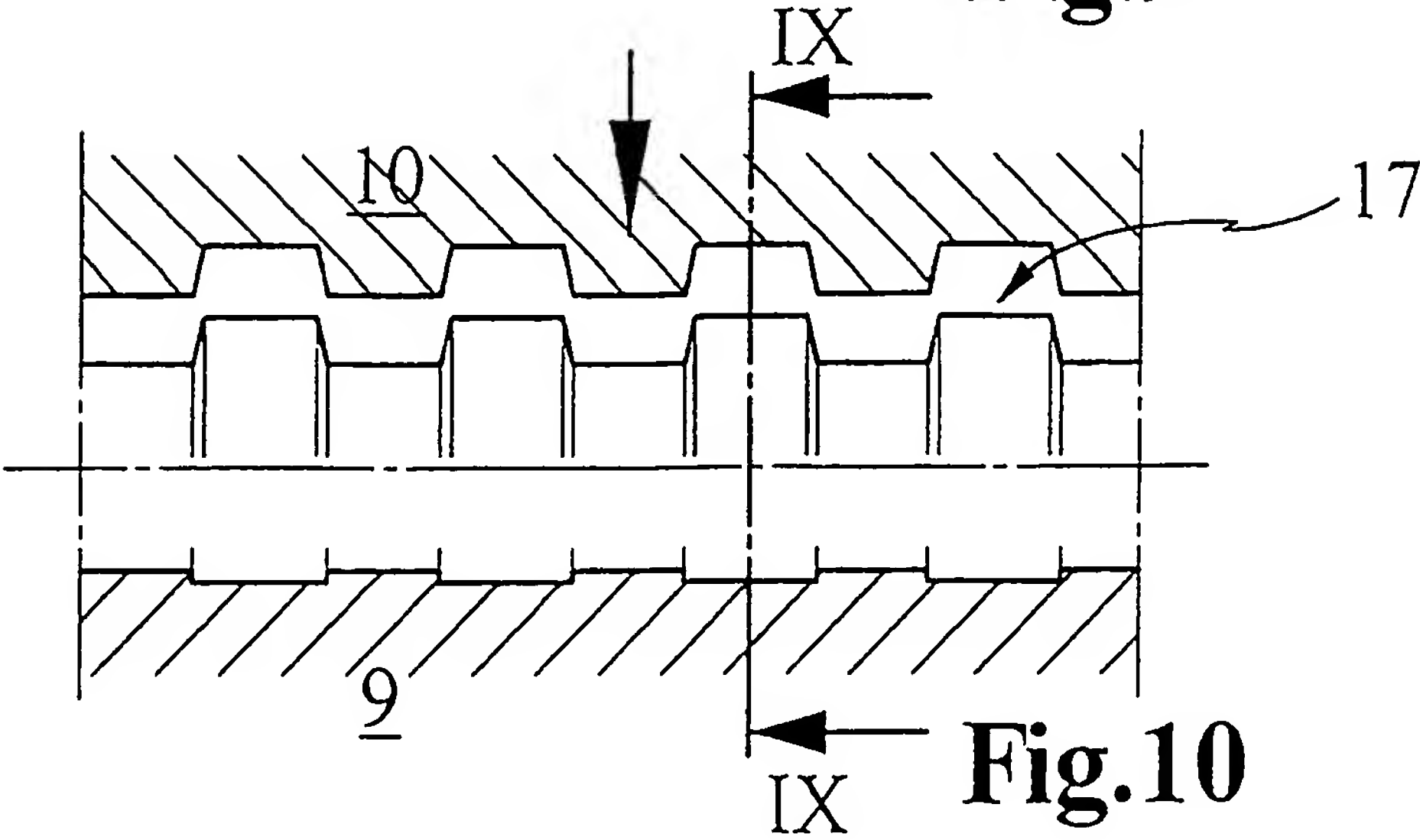
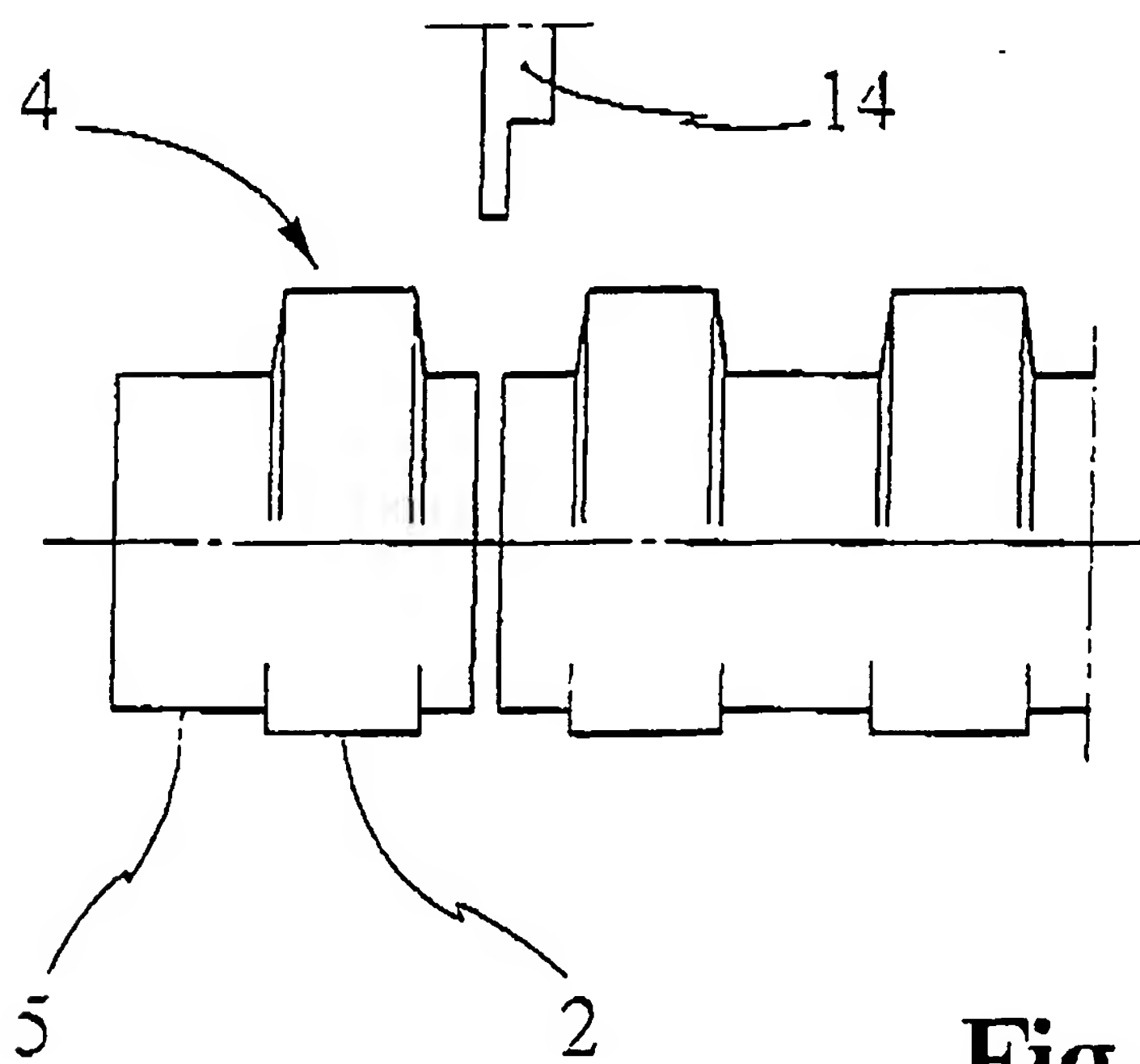
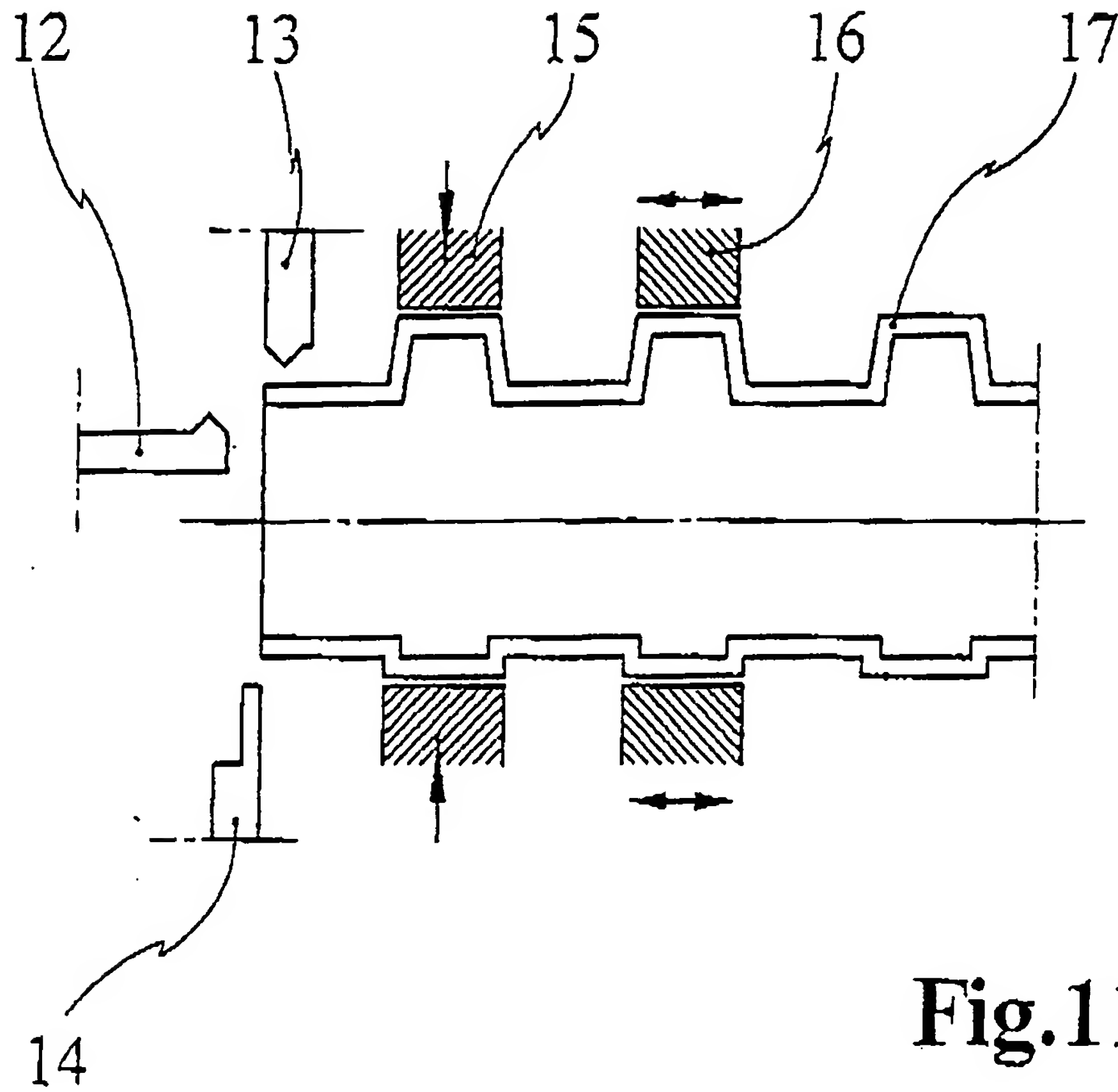


Fig.10



This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.